

DE 10 01385

DU

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 199 25 742.6

**Anmeldetag:** 05. Juni 1999

**Anmelder/Inhaber:** Institut für Halbleiterphysik Frankfurt (Oder) GmbH,  
Frankfurt/DE

**Bezeichnung:** Oszillator mit veränderbarer Induktivität

**IPC:** H 03 B, H 03 L

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 10. August 2000  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
 Im Auftrag

Seiler

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

## Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen Oszillator mit veränderbarer Induktivität, insbesondere zur Realisierung integrierter spannungsgesteuerter Oszillatoren für den unteren GHz-Bereich. Bei einem Oszillator mit einem LC-Schwingkreis mit mindestens einer Induktivität ist über eine mit der Oszillatorenfrequenz betätigte Schaltvorrichtung eine weitere Induktivität periodisch parallel schaltbar, wobei ein Steuereingang der Schaltvorrichtung an eine veränderbare Gleichspannung angeschlossen ist. Entsprechend dem Verhältnis der Dauer des leitenden Zustandes und der Dauer des nichtleitenden Zustandes der Schaltvorrichtung innerhalb einer Schwingungsperiode ist die zeitgemittelte, wirksame Induktivität veränderbar. Der Oszillator ist in Frequenzsynthesizern für Breitbandsysteme sowie für Hochgeschwindigkeitschaltungen einsetzbar.

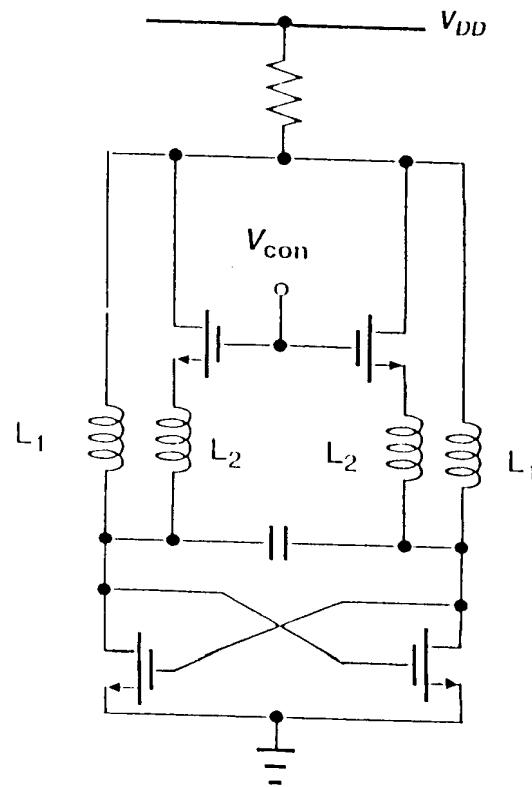


Fig. 1

## **Oszillator mit veränderbarer Induktivität**

Die Erfindung betrifft einen Oszillator mit veränderbarer Induktivität, insbesondere zur Realisierung integrierter spannungsgesteuerter Oszillatoren für den unteren GHz-Bereich. In integrierten Schaltungen werden spannungsgesteuerte Oszillatoren meist in Form von Ringoszillatoren oder LC-Oszillatoren verwendet. Ringoszillatoren zeichnen sich durch eine hohe Frequenzdurchstimmbarkeit aus. Dieser Vorteil wird jedoch durch ein starkes Phasenrauschen und ein starkes Phasenjitter beeinträchtigt. Bei LC-Oszillatoren wird die Frequenzdurchstimmbarkeit vorwiegend mit Hilfe variabler Kapazitäten, beispielsweise Kapazitätsdioden, herbeigeführt. Diese Oszillatoren weisen zwar ein geringeres Phasenrauschen und ein geringeres Phasenjitter auf, jedoch ist die Frequenzdurchstimmbarkeit meist erheblich eingeschränkt.

In der JP 093 215 38 A wird eine spannungsgesteuerte LC-Oszillatorschaltung beschrieben, bei der mit Hilfe eines Schalttransistors ein Teil der Induktivität für bestimmte Zeitschnitte kurzgeschlossen wird, wodurch sich die induktive Komponente zeitweise derart verringert, daß ein wechselweiser Betrieb des Oszillators in zwei Frequenzbändern möglich ist.

Abgesehen von dem Schaltvorgang, der wesentlich langsamer als die Periodendauer in dem angestrebten Frequenzbereich ist, gestattet eine derartige Lösung nicht das kontinuierliche Durchstimmen der Frequenz in einem weiten Frequenzbereich.

Ein ähnliches Prinzip wird auch in: A. Kral et al "RF-CMOS-Oscillators with Switched Tuning," Custom Integrated Circuits Conference (CICC'98), pp. 555 - 558 beschrieben. Bei einem vollintegrierten CMOS-Oszillator für einen Frequenzbereich zwischen 1 und 2 GHz wird ein Durchstimmbereich von etwa 26% durch das Schalten zwischen mehreren diskreten Induktivitätswerten erzielt.

Neben dem Einsatz von Schaltelementen, die das Phasenrauschen und das Phasenjitter negativ beeinflussen, tritt bei dieser Lösung der Nachteil zu Tage, daß trotz einer hohen

Komplexität der Schaltung nur ein relativ begrenzter Durchstimmbereich der Frequenz erzielt werden konnte. Zudem kann durch das Schalten diskreter Induktivitätswerte nur ein quasikontinuierliches Durchstimmen der Frequenz erzeugt werden, welches durch kapazitives Durchstimmen ergänzt werden muß.

Es ist somit Aufgabe der Erfindung, einen Oszillator mit einer veränderbaren Induktivität vorzuschlagen, mit dem die Nachteile des Standes der Technik beseitigt werden und mit dem insbesondere bei geringem Phasenrauschen und Phasenjitter eine kontinuierliche Frequenzdurchstimmbarkeit in einem weiten Bereich erzielbar ist.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß bei einem Oszillator mit einem LC-Schwingkreis mit mindestens einer Induktivität über eine mit der Oszillatorkreisfrequenz betätigte Schaltvorrichtung eine weitere Induktivität periodisch parallel schaltbar ist und daß ein Steuereingang der Schaltvorrichtung an eine veränderbare Gleichspannung angeschlossen ist. Vorteilhafterweise ist mehreren Induktivitäten über je eine steuerbare Schaltvorrichtung eine weitere Induktivität periodisch parallel schaltbar. Die steuerbaren Schaltvorrichtungen weisen periodisch einen leitenden und anschließend einen nichtleitenden Zustand auf. Sie sind durch eine veränderbare Steuerspannung steuerbar. Dabei ist das Verhältnis der Dauer des leitenden Zustandes und der Dauer des nichtleitenden Zustandes der Schaltvorrichtungen innerhalb einer Schwingungsperiode des Oszillators in Abhängigkeit von dem Wert der Steuerspannung veränderbar. Entsprechend dem Verhältnis der Dauer des leitenden Zustandes und der Dauer des nichtleitenden Zustandes der Schaltvorrichtungen innerhalb einer Schwingungsperiode des Oszillators ist die zeitgemittelte, wirksame Induktivität in Abhängigkeit von dem Wert der Steuerspannung veränderbar. Die steuerbaren Schaltvorrichtungen sind vorteilhafterweise Schalttransistoren und insbesondere MOSFET, deren Gate-Anschlüsse an den Eingang der Steuerspannung und deren Source-Anschlüsse an die Oszillatorkreisfrequenz führende Teile der Schaltungsanordnung geschaltet sind. Vorteilhafterweise ist der Oszillator in einer CMOS- oder bipolaren Technologie ausgeführt und ist bevorzugt in Frequenzsynthesizern für Breitbandsysteme sowie für Multibandanwendungen und für die Takterzeugung und Taktrückgewinnung in Hochgeschwindigkeitsschaltungen, wie beispielsweise Mikroprozessoren und Speichern, einsetzbar.

Die Lehre der Erfindung besteht in dem Ersatz der Spulen in einem Schwingkreis durch Paare parallel geschalteter Spulen, von denen jeweils eine der Spulen mit einem periodisch geöffneten und geschlossenen Schalter verbunden ist. Damit ist jeweils nur eine Spule beziehungsweise die Parallelschaltung beider Spulen wirksam. Die Zeitspanne, während der Schalter innerhalb einer Schwingungsperiode geschlossen ist, wird durch eine Steuerspannung kontrolliert. Die zeitgemittelte wirksame Induktivität lässt sich derart in einem weiten Bereich ändern. Das hat die angestrebte kontinuierliche Durchstimmbarkeit der Frequenz zur Folge.

Die Merkmale der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und der Zeichnung hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen schutzfähige Ausführungen darstellen, für die hier Schutz beansprucht wird. Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden näher erläutert. In der zugehörigen Zeichnung zeigen:

Fig. 1 - einen erfindungsgemäßen Oszillator,

Fig. 2 - ein Diagramm der Oszillatofrequenz als Funktion der Steuerspannung und

Fig. 3 - ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Oszillators.

Fig. 1 zeigt einen erfindungsgemäßen LC-Oszillator mit zwei zusammenwirkenden Halbleiterschaltern und einer Kapazität **C**. Die Induktivitäten **L1** sind in zwei Zweigen angeordnet. Den beiden Induktivitäten **L1** ist jeweils eine weitere Induktivität **L2** zugeordnet, die durch je eine Schaltvorrichtung **Sv** zu den ersten Induktivitäten **L1** parallel schaltbar sind. Die Gate-Anschlüsse **G** der als MOSFET ausgeführten Schaltvorrichtungen **Sv** sind an einen Eingang **Vcon** für eine Steuerspannung **Ucon** geschaltet, während die Source-Anschlüsse **S** mit dem die Oszillatofrequenz führenden Ausgang des Oszillators verbunden sind.

Fig. 2 zeigt ein Diagramm der Oszillatofrequenz in GHz als eine Funktion der Steuerspannung **Ucon**.

Als ein weiteres Ausführungsbeispiel zeigt Fig. 3 eine Schaltungsanordnung des erfindungs-

gemäßen Oszillators mit jeweils zwei ersten Induktivitäten **L1;L3**, zu denen jeweils die weitere Induktivität **L2** parallel schaltbar ist.

Die Funktion des erfindungsgemäßen Oszillators ist folgende: Die beiden Schaltvorrichtungen **Sv**, in diesem Ausführungsbeispiel zwei MOSFET, sind bei einer niedrigen Steuerspannung **Ucon** während des größten Teils einer Schwingungsperiode des Oszillators geöffnet. Dieser Zustand tritt ein, so lange die Gate-Source-Spannung den Schaltpunkt der Schaltvorrichtungen **Sv** nicht übersteigt. Während der Dauer des nichtleitenden Zustandes der Schaltvorrichtungen **Sv** sind nur die ersten Induktivitäten **L1** wirksam. Für einen geringen Teil der Schwingungsperiode übersteigt die Gate-Source-Spannung den Schaltpunkt der Schaltvorrichtungen **Sv**. Für die Dauer des nunmehr leitenden Zustandes der Schaltvorrichtungen **Sv** sind die weiteren Induktivitäten **L2** zu den ersten Induktivitäten **L1** parallel geschaltet, wodurch sich der Gesamtwert der wirksamen Induktivität in einer Funktion der Zeit verringert. Entsprechend dem Verhältnis der längeren Dauer des nichtleitenden Zustandes der Schaltvorrichtungen **Sv** zu der kürzeren Dauer ihres leitenden Zustandes ergibt sich eine relativ große zeitgemittelte, wirksame Induktivität. Die daraus resultierende Oszillatorkreisfrequenz ist entsprechend niedrig.

Bei einer erhöhten Steuerspannung **Ucon** sind die beiden Schaltvorrichtungen **Sv** nur während eines geringeren Teils der Schwingungsperiode geöffnet und während ihres größeren Teils geschlossen. Entsprechend dem Verhältnis der kürzeren Dauer des nichtleitenden Zustandes der Schaltvorrichtungen **Sv** zu der längeren Dauer ihres leitenden Zustandes ergibt sich eine relativ geringe zeitgemittelte, wirksame Induktivität. Die daraus resultierende Oszillatorkreisfrequenz ist entsprechend hoch.

Als ein Spezialfall sei angenommen, daß die Induktivität und Güte der Spulenpaare **L1** und **L2** identisch seien und die Größenwerte **L1** und **Q1** besitzen. Für den Fall idealer Schaltvorrichtungen **Sv** gilt dann für die Induktivität **L** und die Güte **Q** der Gesamtanordnung bestehend aus **L1, L2** und dem Schalter:

$L = L1, Q = Q1$  bei geöffneten Schaltvorrichtungen **Sv** und

$L = L1/2, Q = Q1$  bei geschlossenen Schaltvorrichtungen **Sv**.

Das Schließen der Schaltvorrichtungen **S<sub>V</sub>** bewirkt also eine Halbierung der für die Oszillatorfrequenz maßgebenden Induktivität. Die Güte der Spulenpaare **L<sub>1</sub>** und **L<sub>2</sub>** ist gleich der Güte der einzelnen Spule. Beachtet man, daß für die Oszillatorfrequenz näherungsweise gilt:

$$f_0 = 1/\sqrt{L},$$

so findet man für die untere Grenzfrequenz  $f_{0,\min}$  und für die obere Grenzfrequenz  $f_{0,\max}$  des Frequenzdurchstimmbereichs den Zusammenhang:

$$f_{0,\max} = \sqrt{2 \cdot f_{0,\min}}.$$

Für den allgemeinen Fall nicht notwendigerweise gleicher Spulen folgt analog:

$$f_{0,\max} = \sqrt{(1 + L_1/L_2) \cdot f_{0,\min}}.$$

Somit kann der Frequenzdurchstimmbereich durch die Wahl eines größeren Verhältnisses von  $L_1/L_2$  noch weiter erhöht werden.

Fig. 3 zeigt den simulierten Frequenzdurchstimmbereich in der Form eines Diagramms der Oszillatorfrequenz  $f_0$  als eine Funktion der Steuerspannung **U<sub>con</sub>** für  $L_1/L_2 = 2$ . In diesem Beispiel beträgt der Frequenzdurchstimmbereich etwa 1,25 GHz, das heißt mehr als eine Oktave.

Der Frequenzdurchstimmbereich kann durch die Verwendung von mehr als zwei Induktivitäten **L<sub>1</sub>**, **L<sub>2</sub>** erhöht werden. Eine Möglichkeit dazu wird in Fig. 3 demonstriert.

Der erfindungsgemäße Oszillator ist in vollintegrierter Bauweise sowohl in einer CMOS- als auch in einer bipolaren Technologie ausführbar. Er ist in vorteilhafter Weise in Frequenzsynthesizern für Breitbandsysteme sowie für Multibandanwendungen und für die Takterzeugung und Taktrückgewinnung in Hochgeschwindigkeitsschaltungen, wie Mikroprozessoren und Speicher, einsetzbar.

In der vorliegenden Beschreibung wurde anhand konkreter Ausführungsbeispiele ein Oszillator mit veränderbarer Induktivität erläutert. Es sei aber vermerkt, daß die vorliegende Erfindung nicht auf die Einzelheiten der Beschreibung in den Ausführungsbeispielen beschränkt ist, da im Rahmen der Ansprüche Änderungen und Abwandlungen beansprucht werden.

## Patentansprüche

1. Oszillator mit einem LC-Schwingkreis, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens einer Induktivität (**L1**) über eine mit der Oszillatofrequenz betäigte Schaltvorrichtung (**Sv**) eine weitere Induktivität (**L2**) periodisch parallel schaltbar ist und daß ein Steuereingang (**Vcon**) der Schaltvorrichtung (**Sv**) an eine veränderbare Gleichspannung (**Ucon**) angeschlossen ist.
2. Oszillator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß mehreren Induktivitäten (**L1**) über je eine steuerbare Schaltvorrichtung (**Sv**) eine weitere Induktivität (**L2**) periodisch parallel schaltbar ist.
3. Oszillator nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die steuerbaren Schaltvorrichtungen (**Sv**) periodisch einen leitenden und anschließend einen nichtleitenden Zustand aufweisen.
4. Oszillator nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die steuerbaren Schaltvorrichtungen (**Sv**) durch eine veränderbare Steuerspannung (**Ucon**) steuerbar sind.
5. Oszillator nach Anspruch 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Verhältnis der Dauer des leitenden Zustandes und der Dauer des nichtleitenden Zustandes der Schaltvorrichtungen (**Sv**) innerhalb einer Schwingungsperiode des Oszillators in Abhängigkeit von dem Wert der Steuerspannung (**Ucon**) veränderbar ist.

6. Oszillator nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß entsprechend dem Verhältnis der Dauer des leitenden Zustandes und der Dauer des nichtleitenden Zustandes der Schaltvorrichtungen (**S<sub>V</sub>**) innerhalb einer Schwingungsperiode des Oszillators die zeitgemittelte, wirksame Induktivität in Abhängigkeit von dem Wert der Steuerspannung (**U<sub>con</sub>**) veränderbar ist.
7. Oszillator nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die steuerbaren Schaltvorrichtungen (**S<sub>V</sub>**) Schalttransistoren, insbesondere MOSFET, sind.
8. Oszillator nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gate-Anschlüsse (**G**) der MOSFET an den Eingang (**V<sub>con</sub>**) der Steuerspannung (**U<sub>con</sub>**) geschaltet sind.
9. Oszillator nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Source-Anschlüsse (**S**) der MOSFET an die Oszillatofrequenz führende Teile der Schaltungsanordnung geschaltet sind.
10. Oszillator nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Oszillator in einer CMOS- oder bipolaren Technologie ausgeführt ist.
11. Oszillator nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Oszillator in Frequenzsynthesizern für Breitbandsysteme sowie für Multibandanwendungen und für die Taktzeugung und Taktrückgewinnung in Hochgeschwindigkeitsschaltungen, wie beispielsweise Mikroprozessoren und Speichern, Anwendung findet.

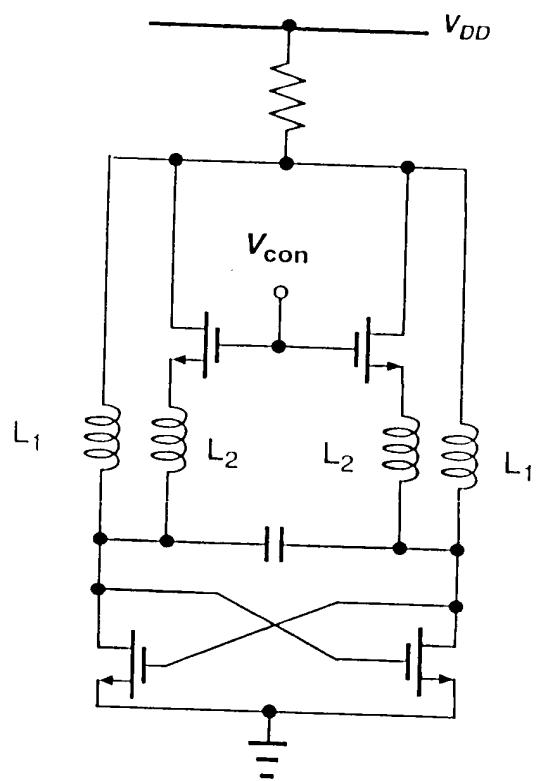


Fig. 1

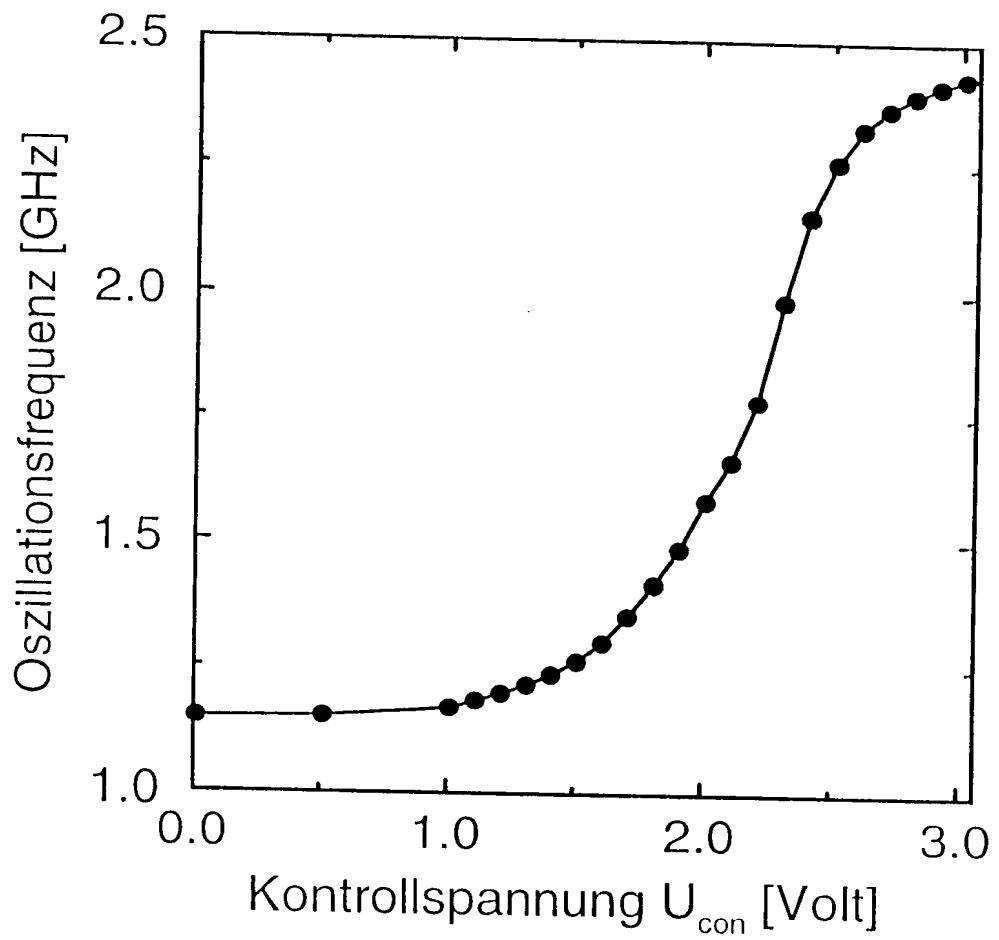


Fig. 2

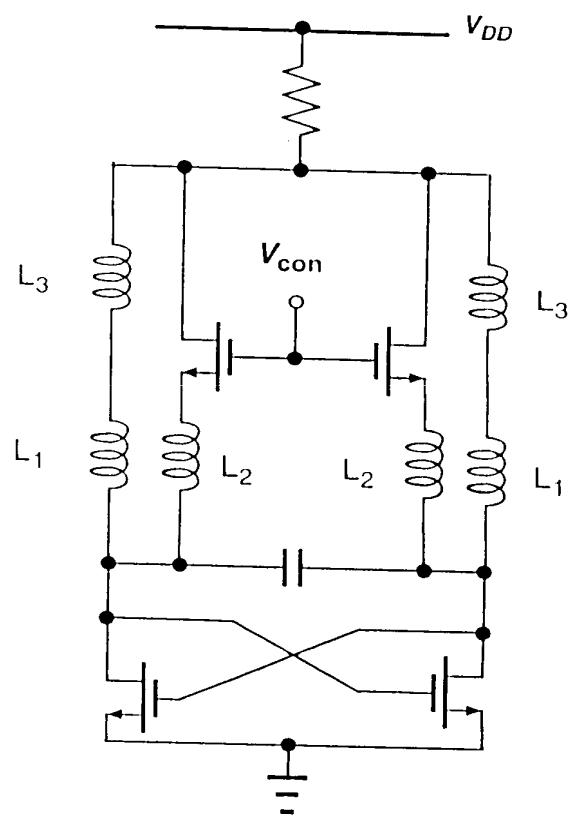


Fig. 3